

ANALISA KINERJA *ENGINE* *TURBOFAN CFM56-3*

Afdhal Kurniawan Mainil⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Bengkulu

ABSTRACT

This study focused on the performance analysis of a turbofan engine type used on commercial aircraft with CFM56-3 type. The performance tests consisted of several stages of testing are the the start up testing phase, the minimum idle, the idle approach, the maximum continuous, the take off, and the acceleration. Each of test has the characteristics, so the working, efficiency, and thrust at each condition are different. In order to obtain comparisons between each condition, the Brayton cycle was used as a reference, then the actual work and the ideal, the cycle thermal efficiency and engine thrust from each test condition can be known. The highest thermal efficiency was achieved on the actual take off condition with an efficiency of 37% while the ideal is 47%, for the actual thrust of 2397.43873 lb while the ideal is 25091.96387 lb.

Keywords: engine turbofan CFM56-3, performance, thrust, efficiency

1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan alat transportasi yang sering digunakan untuk menempuh jarak jauh dengan waktu yang relatif singkat. Dalam hal ini, faktor keselamatan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Baik sebelum melakukan penerbangan, selama melakukan penerbangan, dan setelah melakukan operasi penerbangan. Untuk itu selain awak pesawat yang selalu dalam kondisi prima juga perlu didukung oleh performa *engine* yang sangat baik. Prestasi suatu engine diantaranya dapat ditentukan dengan mengetahui kerja pada masing-masing komponen, energi masuk, energi keluar, efisiensi termal dan gaya dorong engine tersebut [1].

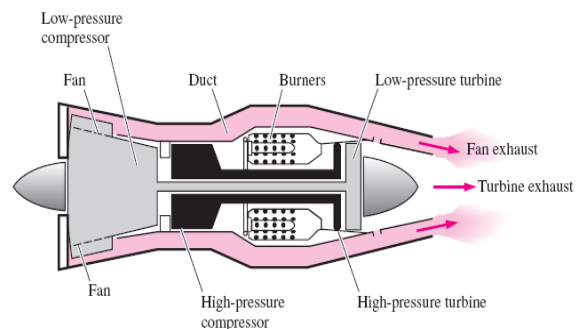
PT. Garuda Maintenance Facility (GMF) AeroAsia merupakan salah satu instansi yang berkaitan erat dengan perawatan maupun perbaikan pesawat terbang yang kegiatannya meliputi pengecekan, pembongkaran, pembersihan, perakitan, dan pengelasan engine pesawat terbang. Proses pengelasan engine dilakukan di suatu unit yang disebut *test cell* [2], yang mana dalam persiapannya dilakukan secara manual dan pendataannya dengan komputerisasi yang secara otomatis menghasilkan *output* berupa data pengujian.

Dalam Penelitian ini Analisa difokuskan pada performa suatu tipe engine turbofan yang digunakan pada pesawat komersial dengan tipe CFM56-3. pengujian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap pengujian. Tahap pengujian tersebut adalah *start up*, *minimum idle*, *approach idle*, *maximum continuous*, *take off*, dan *acceleration*. Setiap pengujian memiliki karakteristik masing-masing, sehingga, kerja, efisiensi, dan gaya dorong pada setiap kondisi berbeda pula.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Gas

Turbin gas seperti tampak pada “Gambar (1)”, merupakan suatu motor bakar yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu kompresor, ruang bakar, dan turbin. Salah satu penerapannya dapat digunakan untuk sistim propulsi yang berfungsi menghasilkan gaya dorong (*thrust*). Turbin gas yang digunakan untuk sistim propulsi salah satunya adalah tipe turbofan [3,4,5].



Gambar 1 Skema Engine Turbofan [3]

2.2. Engine Turbofan CFM56-3

Engine CFM56-3 merupakan mesin jet turbofan dengan kapasitas *bypass* yang besar, dual rotor yang digunakan dengan teknologi *advance axial flow* yang dirancang untuk digunakan pada pesawat terbang jenis BOEING 737 dan variannya. Engine CFM56-3 yang ditunjukkan pada “Gambar (2)” adalah produk dari CFM International dimana merupakan perusahaan gabungan antara General Electric Aircraft Engine (GE) Amerika dengan perusahaan SNECMA Perancis [2].



Gambar 2 Engine Turbopan CFM56-3 [2]

2.3. Pengujian Engine Turbopan CFM56-3

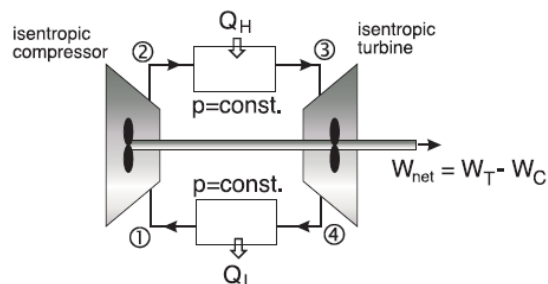
Ada beberapa kondisi yang terjadi pada saat pengujian engine, kondisi-kondisi tersebut diantaranya adalah sebagai berikut [2] :

1. *Start Up*
2. *Minimum Idle*
3. *Approach Idle*
4. *Maximum Continuous*
5. *Take Off*
6. *Acceleration*

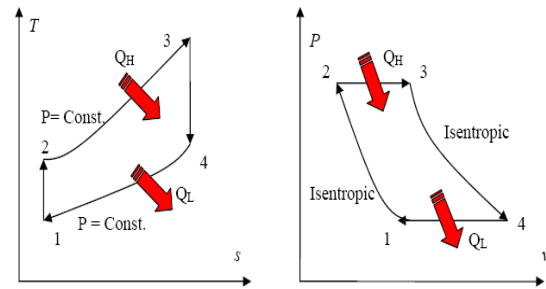
Dari beberapa kondisi pengujian di atas, ada empat pengujian yang akan dianalisa diantaranya adalah *Minimum Idle*, *Approach Idle*, *Maximum Continuous*, dan *Take Off*.

2.4. Siklus Brayton

Siklus Brayton merupakan siklus daya termodinamika ideal untuk turbin gas, sehingga saat ini siklus ini yang sangat populer digunakan oleh pembuat turbine atau manufacturer dalam analisa untuk *up-grading performance* [3]. Siklus Brayton ini terdiri dari proses kompresi isentropik yang diakhiri dengan proses pelepasan panas pada tekanan konstan. “Gambar (3)” menunjukkan skema turbin gas sederhana Siklus Brayton dan “Gambar (4)” menunjukkan diagram T-s dan P-V untuk siklus Brayton ideal.



Gambar 3. Skema turbin gas sederhana [2]

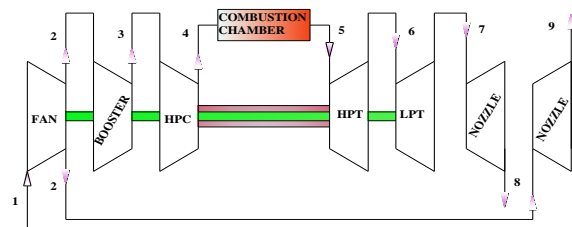


Gambar 4. Diagram T-s dan P-V siklus Brayton ideal [3]

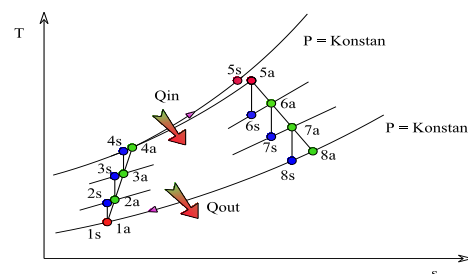
2. METODOLOGI

2.1 Turbin Gas

Engine turbopan CFM56-3 adalah sistim turbin gas dengan siklus terbuka yang terdiri difuser, fan, boster, kompresor, ruang bakar, turbin tekanan tinggi, turbin tekanan rendah dan nosel. Nosel pada engine ini dibagi menjadi dua, yaitu nosel dingin dan nosel panas. Nosel panas adalah nosel yang berada pada aliran utama yang mana alirannya melalui proses pembakaran. Sedangkan untuk nosel dingin, udara yang melalui fan langsung diteruskan ke nosel dingin tanpa proses pembakaran. Skema engine CFM56-3 ditunjukkan pada “Gambar (5)” sedangkan diagram T-S dan P-V ditunjukkan pada “Gambar (6)”.



Gambar 5 Skema engine CFM56-3



Gambar 6 Diagram T-s dan P-V turbopan CFM56-3

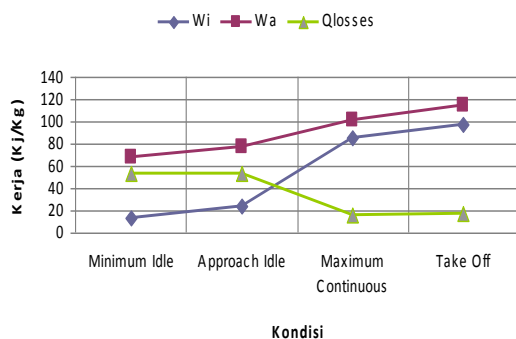
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan yang dilakukan dapat diambil suatu perbandingan kerja, energi dan gaya dorong baik

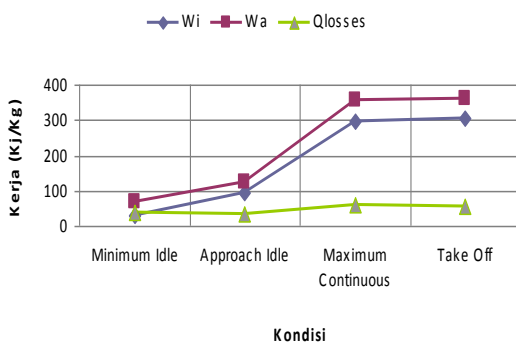
ideal maupun aktual pada engine. Data-data tersebut dalam grafik ditunjukkan pada “Gambar (7)”, “Gambar (8)” dan “Gambar (9)”.



Gambar 7 Grafik Perbandingan kerja fan terhadap kondisi pengujian



Gambar 8 Grafik Perbandingan kerja Booster terhadap kondisi pengujian



Gambar 9 Grafik Perbandingan kerja HPC (High Pressure Compressor) terhadap kondisi pengujian

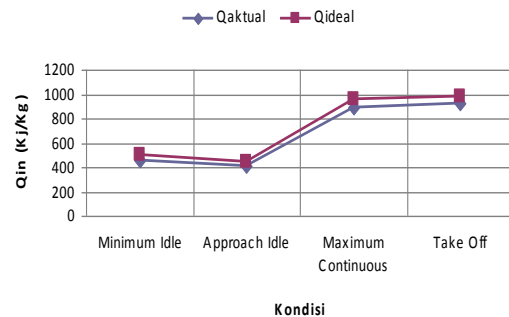
Ketiga gambar tersebut di atas menunjukkan perbandingan besar kerja yang diperlukan pada saat proses kompresi antara kondisi aktual dan kondisi ideal serta jumlah Q_{losses} -nya pada tiap-tiap kondisi pengujian.

Untuk meningkatkan tekanan, fan, booster dan HPC memerlukan kerja yang diperoleh dari turbin. Secara ideal kerja yang dibutuhkan kompresor akan lebih kecil dengan kenaikan temperatur yang lebih kecil pula. Namun, secara aktual temperatur temperatur meningkat lebih tinggi dan kerja yang dibutuhkan kompresor menjadi lebih besar sedangkan tekanan

yang dihasilkan sama. Fenomena tersebut diantaranya disebabkan oleh :

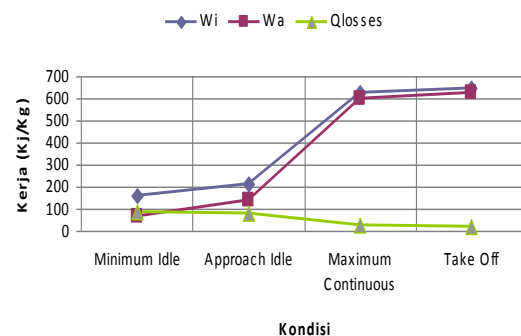
1. Tidak balancenya sudu-sudu sehingga menghasilkan tekanan dan temperatur yang berbeda pada setiap titik sudu kompresor.
2. Adanya kebocoran sepanjang lintasan tiap-tiap tingkat kompresor.
3. Ketidakakuratan alat ukur yang digunakan.

Hal-hal di atas mempengaruhi besarnya panas yang hilang selama proses kompresi pada kompresor sehingga dapat mempengaruhi besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor.

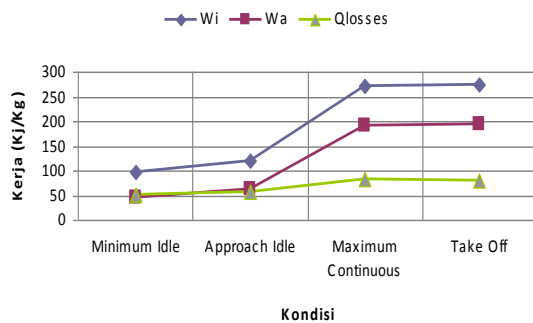


Gambar 10 Grafik Perbandingan energi masuk terhadap kondisi pengujian

”Gambar (10)” menunjukkan adanya penurunan pada kondisi *approach idle*. Besarnya energi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh temperatur masuk dan temperatur keluar dari ruang bakar. Pada kondisi ini kenaikan temperatur pada ruang bakar lebih kecil dibandingkan kondisi *minimum idle*. Hal ini terjadi karena pengaruh perbandingan massa aliran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Perbandingan ini akan menentukan nilai kenaikan temperatur yang terjadi di ruang bakar atau yang biasa disebut dengan T_{rise} . Walaupun perubahan temperatur pada saat *approach idle* lebih kecil dari *minimum idle*, tetapi temperatur keluar ruang bakar yang akan memasuki turbin saat *approach idle* lebih tinggi, yang akan mempengaruhi kerja turbin. Oleh karena itu, walaupun energi masuk lebih kecil, *approach idle* menghasilkan kerja turbin yang lebih besar dari kondisi *minimum idle*.

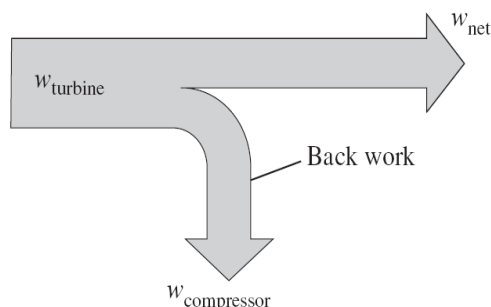


Gambar 11 Grafik Perbandingan kerja HPT (High Pressure Turbine) terhadap kondisi pengujian

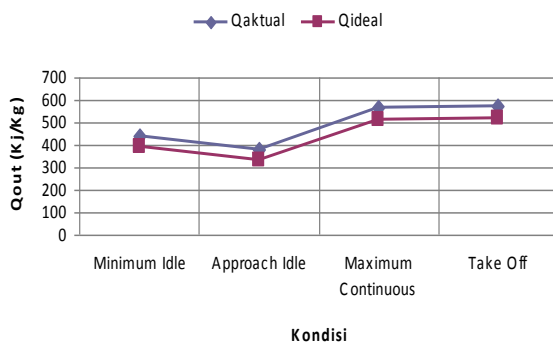


Gambar 12 Grafik Perbandingan kerja LPT (*Low Pressure Turbine*) terhadap kondisi pengujian

“Gambar (11)” dan “Gambar (12)” menunjukkan kenaikan kerja alat ekspansi di setiap tahap kondisi pengujian. Pada “Gambar (11)” terjadi penurunan Q_{losses} , hal ini disebabkan karena perbedaan kerja ideal dan aktual semakin kecil. Fenomena ini terjadi karena adanya perbedaan perubahan temperatur pada setiap kondisi pengujian. Semakin tinggi perubahan temperatur tersebut, maka besar kerja yang dihasilkan akan semakin besar. Pada kasus ini perubahan temperatur $minimum\ idle < approach\ idle < maximum\ continuous < take\ off$. Kerja yang dihasilkan oleh turbin dibagi menjadi dua, yang pertama digunakan sebagai pemutar kompresor sedangkan selebihnya disalurkan ke nosel, pada nosel kecepatan fluidanya dinaikkan sehingga menghasilkan gaya dorong.



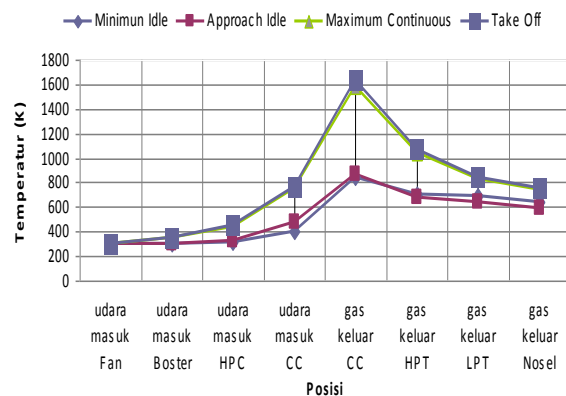
Gambar 13 Pembagian kerja yang digunakan untuk memutar kompresor [3]



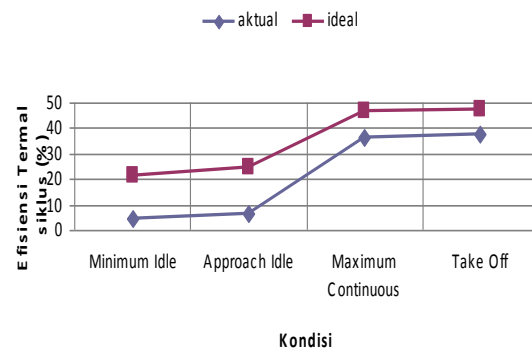
Gambar 14 Grafik Perbandingan energi yang dikeluarkan terhadap kondisi pengujian

“Gambar (14)” adalah grafik yang menunjukkan perbandingan besar energi keluar pada kondisi aktual dan ideal yang terjadi pada *exhaust nozzle*.

Nilai energi yang keluar dari sistim turbin gas ini dipengaruhi oleh perbedaan temperatur masuk dan temperatur keluar sistim turbin gas. Dilihat dari “Gambar (14)”, terjadi perubahan nilai energi yang dikeluarkan ada sedikit penurunan pada *approach idle* dari kondisi pengujian sebelumnya. Fenomena ini disebabkan sistim pendingin pada turbin mulai bekerja dengan baik sehingga terjadi penurunan temperatur pada gas yang keluar dari HPT, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada “Gambar (15)”. Dengan demikian, sudah jelas bahwa dengan turunnya temperatur pada *approach idle* maka energi yang keluar akan menurun juga.

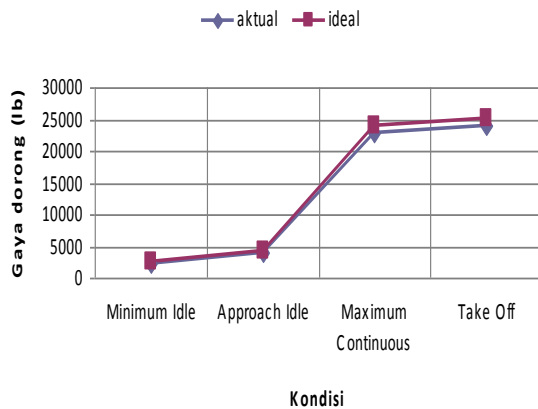


Gambar 15 Grafik Perubahan temperatur dengan berbagai kondisi



Gambar 16 Grafik Perbandingan efisiensi termal siklus terhadap kondisi pengujian

Semakin tinggi selisih antara energi masuk dan energi keluar yang dihasilkan sistim maka nilai efisiensi termal yang dihasilkan akan semakin tinggi. Dilihat dari “Gambar (16)” dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan efisiensi pada setiap kondisi pengujian. Oleh karena itu salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi termal dari sistim ini adalah dengan cara meningkatkan energi yang masuk dan menurunkan energi keluar sistim.



Gambar 17 Grafik Perbandingan gaya dorong energi yang dikeluarkan terhadap kondisi pengujian

Gaya dorong yang terjadi pada engine ini diperoleh dari dua buah nosel yang terdiri dari nosel dingin dan nosel panas. Gaya dorong yang terjadi sangat dipengaruhi oleh massa aliran udara yang melalui nosel dan kecepatan gas yang keluar dari nosel. Artinya, semakin banyak massa aliran udara dan tingginya kecepatan yang melalui nosel, maka gaya dorong yang dihasilkan akan semakin besar dan begitu juga sebaliknya. "Gambar (17)" menunjukkan adanya kenaikan gaya dorong pada tahap-tahap pengujian.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Engine Turbofan CFM56-3 digunakan untuk dapat menghasilkan *thrust* (gaya dorong) pada pesawat
2. Dari hasil pengujian dan perhitungan yang diperoleh, penulis mendapatkan selisih efisiensi termal sebesar 9.59 % pada kondisi *take off*
3. Penurunan efisiensi termal pada engine CFM56-3 antara lain disebabkan :
 - Pengaruh perubahan dimensi akibat material yang bergesekan
 - Pengaruh kondisi lingkungan sekitar

5.2. Saran

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, adapun saran-saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dengan selisih efisiensi termal sebesar 9.59%, artinya efisiensi masih dapat ditingkatkan dengan semaksimal mungkin mengembalikan dimensi komponen pada kondisi seharusnya

2. Untuk meningkatkan gaya dorong hendaknya diperhatikan aliran massa udara yang melalui engine khususnya pada *bypass* menuju *cold nozzle* karena hal ini dapat memberikan kontribusi besar untuk menghasilkan gaya dorong tanpa proses pembakaran langsung.
3. Memaksimalkan *cooling system* sehingga temperatur ruang bakar dapat dinaikkan
4. Hendaknya diadakan penelitian lanjutan mengenai turbin gas umumnya dan engine propulsi pada khususnya

PUSTAKA

1. **Arismunandar, Wiranto**, *Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*, Penerbit ITB, Bandung, 2000.
2. **CFM International**, *CFM56-3 Basic Engine Training Manual*, CFM International, 1995.
3. **Cengel, Yusuf A**, *Thermodynamics: An Engineering Approach 5th ed*, Mc Graw-Hill, USA, 1994.
4. **Cohen, Roger, Saravanamuttoo**, *Gas Turbine Theory 2nd ed*. The Chauser Press, London, 1978.
5. **Farooq Saeed**, *Aero-Thermodynamics Of Turbo machinery For Jet Propulsion*, 2004. www.google.com. 18 Agustus 2008.